

JURNAL **OPTIMASI** **SISTEM INDUSTRI**

Perbandingan Power Peta Kendali *x* *Double Sampling* Croasdale dengan
Power Peta Kendali *x* *Double Sampling* Baru

Sutrisno

Analisis Pemakaian Alat Bantu Angkut Terhadap Pengaruh Segment
Tubuh Pekerja

Gunawan Madyono Putro

Analisis Penjadwalan *Flowshop* Dengan Evolutionary Algorithm

Puryani, Laila Nafisah, Rida Presty Ekaswari

Re-Design Frame Push-Button Mesin *Big Press* Yang Ergonomis Dengan
Ship Approach Menurunkan Keluhan Muskuloskeletal Di Divisi
Stamping Plant PT ADM

Titin Isna Oesman

Perancangan Ulang Mesin Penggiling Bumbu Dengan Mempertimbangkan
Aspek-Aspek Ergonomis

Bakhtiar, S. , Syarifuddin

Perancangan Fasilitas Dan Tata Cara Kerja Ergonomis Pemasangan
Webbing Perusahaan Kecil-Menengah

Made Yuda Dewantara, Suwanto

Analisis Faktor – Faktor Berpengaruh Pada Proses Pembubutan Diameter
Mur Dengan Metode Taguchi

Rr. Rochmoeljati

JURNAL OPTIMASI SISTEM INDUSTRI

ISSN 1693-2102

Volume 1

No2. Tahun 2008



Reviewer Utama

Ir Nur Indrianti., MT., D.Eng
Dr. Purwo Handoko
Sugiyarto, Ph.D.

Reviewer Pembantu

Ir Dyah Rachmawati L., MT.
Ir Taufik Hidayanto., MT.
Miftahol Arifin, ST., MT
Apriani Soepardi., STP., MT

Dewan Redaksi

Ketua : Puryani, ST., MT.
Sekretaris : Trismi Ristyowati, ST., MT
Anggota : Sadi, ST., MT.
Laila Nafisah, ST., MT.
Tri Wibawa, ST., MT.
Sutrisni, SSi., MT.
Gunawan M.P., ST., MT.
Agus Ristono, ST., MT.
Intan Berlianty, ST., MT.

Pembantu Pelaksana

Wikan Widya Kusuma., ST



Isi Nomor Ini

Sutrisno

Perbandingan *Power* Peta Kendali \bar{x} *Double Sampling*
Croasdale dengan *Power* Peta Kendali \bar{x} *Double Sampling*
Baru 1-10

Gunawan Madyono Putro

Analisis Pemakaian Alat Bantu Angkut Terhadap
Pengaruh Segment Tubuh Pekerja 11-20

Puryani, Laila Nafisah, Rida Presty Ekaswari

Analisis Penjadwalan *Flowshop* Dengan *Evoluntionary*
Algorithm 21-28

Titin Isna Oesman

Re-Design Frame Push-Button Mesin Big Press Yang
Ergonomis Dengan *Ship Approach* Menurunkan Keluhan
Muskuloskeletal Di Divisi *Stamping Plant* PT ADM 29-32

Bakhtiar, S. , Syarifuddin

Perancangan Ulang Mesin Penggiling Bumbu Dengan
Mempertimbangkan Aspek-Aspek Ergonomis 33-40

Made Yuda Dewantara, Suwanto

Perancangan Fasilitas Dan Tata Cara Kerja Ergonomis
Pemasangan Webbing Perusahaan Kecil-Menengah 41-52

Rr. Rochmoeljati

Analisis Faktor - Faktor Berpengaruh Pada Proses
Pembubutan Diameter Mur Dengan Metode Taguchi 53-62

Redaksi menerima sumbangan tulisan yang relevan dengan misi Jurnal OPSI (Optimasi Sistem Industri). Naskah yang dimuat harus merupakan karya ilmiah hasil penelitian lapangan atau laboratorium dan belum pernah dipublikasikan. Naskah diketik dengan huruf *Palatino 11*, judul 12, spasi tunggal, satu kolom, satu muka, ukuran kertas A4, dengan batas tepi atas 4 cm, bawah, kanan, dan kiri masing-masing 3 cm. Jumlah halaman maksimal 15 halaman dan diserahkan dalam bentuk disket dan *printout* ke alamat kami : Gedung Dr. Cipto Mangunkusumo Jl. Babarsari No. 2 Tambakbayan Yogyakarta 55285 atau melalui email ke : jurnalopsi.upnykl@gmail.com. Tulisan yang tidak dimuat dua nomor penerbitan berturut-turut dapat diterbitkan ditempat lain

Perbandingan Power Peta Kendali \bar{x} Double Sampling Croasdale dengan Power Peta Kendali \bar{x} Double Sampling Baru

Sutrisno

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, UPN "Veteran" Yogyakarta
Jln. Babarsari No.2 Tambakbayan, Yogyakarta 55283 Telp. 0274 485363 Fax.486256
E-mail:trisno_upnv@yahoo.co.id

Abstrak

Peta kendali double sampling ditujukan untuk memperbaiki kemampuan dalam mendeteksi segala kondisi out-of-control dengan mengobservasi sample kedua tanpa ada interupsi. Peta kendali \bar{x} DS dua batas kendali pertama kali diusulkan oleh Croasdale (1974). Daudin (1990) melakukan optimisasi peta kendali dengan meminimasi ukuran sample rata-rata yang diharapkan, Irianto dan Shinozaki (1998) menawarkan sebuah estimasi parameter optimisasi untuk memaksimalkan power dalam mendeteksi perubahan kecil dari nilai rata-rata proses. Proses optimisasi tersebut mengindikasikan perubahan terhadap jumlah parameter peta kendali. Makalah ini mendiskusikan perubahan parameter tersebut dan membandingkan power peta kendali yang baru dengan prosedur yang dikembangkan oleh Croasdale.

Kata Kunci: Peta kendali double sampling, optimisasi, power peta kendali

1. Pendahuluan

Pengendalian proses secara statistik adalah metode yang telah dikenal secara luas untuk mengetahui variabilitas proses dan untuk memperbaiki kualitas proses. Diantara alat pengendali proses secara statistik, peta kendali ditujukan untuk memonitor proses. Peta kendali didesain untuk mengidentifikasi variasi proses, sebagai hasil dari kasus umum atau pun hasil dari kasus khusus. Peta kendali \bar{x} shewhart standard telah digunakan secara luas, tetapi peta kendali ini lambat atau tidak sensitif dalam mendeteksi perubahan kecil dalam proses. Beberapa alternatif ditawarkan untuk memperbaiki sensitifitas dari peta kendali, seperti peta kendali moving average, peta kendali cumulative sum dan peta kendali Shewhart dengan menggunakan warning limit. Peta kendali Shewhart dengan menggunakan warning limit diantaranya adalah peta kendali variable sampling interval (VSI), peta kendali variable sampling size (VSS) dan peta kendali double sampling (DS). Reynolds dkk (1988) mengusulkan sebuah peta kendali VSI dalam menentukan peringatan out of control atau sinyal. Jika muncul sinyal, sampel berikutnya diambil dalam interval sampel yang lebih pendek; sebaliknya beralasan untuk mengambil sampel dalam interval sampel yang lebih panjang. Costa (1992) mengusulkan sebuah peta kendali VSS dengan menggunakan ide yang sama dengan VSI. Jika muncul sinyal, sampel berikutnya diambil dalam ukuran yang lebih besar; sebaliknya beralasan untuk mengambil sampel dalam ukuran yang lebih kecil. Prosedur DS menggunakan ide yang sama seperti VSI dan VSS, tetapi sampel kedua diobservasi dengan interval waktu nol. Peta kendali DS pertama kali diusulkan oleh Croasdale (1974). Daudin, Duby dan Tre COURT (1990) dan Daudin (1992) mengusulkan peta kendali DS yang menggunakan informasi dari kedua sampel pada saat menentukan apakah proses terkendali atau tidak pada tahap kedua. Irianto dan Shinozaki (1998) mendiskusikan prosedur DS dan kelebihan prosedur Daudin dibandingkan

prosedur Croasdale. Daudin dkk (1990) melakukan optimisasi peta kendali dengan meminimasi ukuran sampel yang diharapkan, Irianto dan Shinozaki (1998) melakukan maksimasi power untuk mendeteksi perubahan kecil dari nilai rata-rata. Proses optimisasi yang dilakukan oleh Irianto dan Shinozaki (1998) tersebut mengindikasikan adanya perubahan jumlah parameter peta kendali. Makalah ini mendiskusikan perubahan parameter tersebut, dimana perubahan parameter tersebut akan menghasilkan peta kendali DS baru, dan membandingkan power peta kendali DS baru dengan prosedur yang dikembangkan oleh Daudin dkk (1990).

2. Prosedur Peta Kendali \bar{X} Double Sampling Croasdale

Peta kendali \bar{X} DS adalah perimbangan untuk perencanaan double sampling, dimana kita akan mengobservasi sampel kedua jika sampel pertama memberikan sinyal adanya penyimpangan dari nilai rata-rata. Prosedur peta kendali \bar{X} DS Croasdale digambarkan sebagai berikut:

1. Ambil sampel berukuran $n_1, X_{1i}, i=1,2,...,n_1$ yang berasal dari populasi dengan nilai rata-rata μ_0 dan standar deviasi σ .

$$\text{Hitung rata-rata sampel } \bar{X}_1 = \sum_{i=1}^{n_1} \frac{X_{1i}}{n_1}$$

2. Jika $(\bar{X}_1 - \mu_0) / (\sigma / \sqrt{n_1})$ terletak di dalam $[-M_1, M_1]$ maka proses dipertimbangkan *under-control*, untuk sebaliknya ambil sampel kedua $X_{2i},$

$$i = 1,2,...,n_2 \text{ dan hitung rata-rata sampel } \bar{X}_2 = \sum_{i=1}^{n_2} \frac{X_{2i}}{n_2}.$$

3. Jika $\frac{\bar{X}_1 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_1}} < -M_1$ dan $\frac{\bar{X}_2 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_2}} < -M_2$ atau jika $\frac{\bar{X}_1 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_1}} > M_1$ dan

$$\frac{\bar{X}_2 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_2}} > M_2 \text{ maka proses dipertimbangkan } out-of-control, \text{ untuk sebaliknya}$$

maka proses dikatakan dalam keadaan *under-control*.

4. Ambil sampel berukuran $n_1, X_{1i}, i=1,2,...,n_1$ yang berasal dari populasi dengan nilai rata-rata μ_0 dan standar deviasi σ .

$$\text{Hitung rata-rata sampel } \bar{X}_1 = \sum_{i=1}^{n_1} \frac{X_{1i}}{n_1}$$

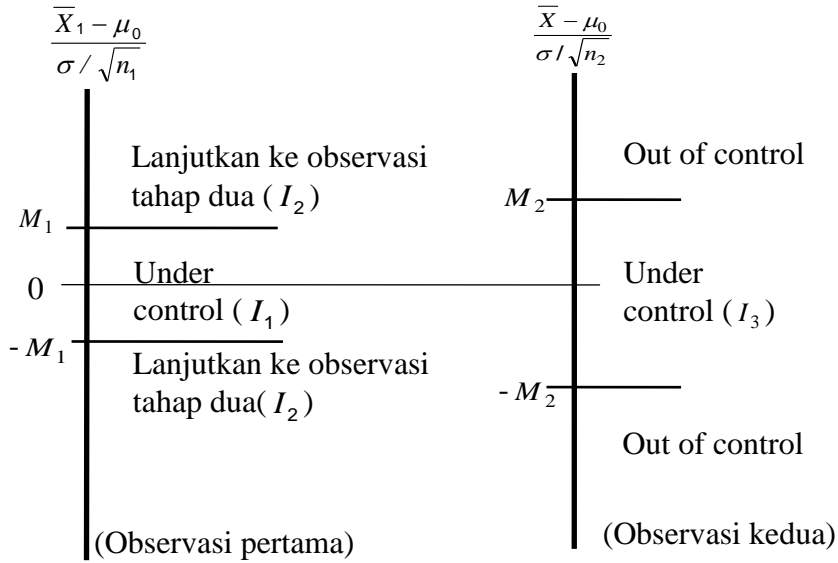
5. Jika $(\bar{X}_1 - \mu_0) / (\sigma / \sqrt{n_1})$ terletak di dalam $[-M_1, M_1]$ maka proses dipertimbangkan *under-control*, untuk sebaliknya ambil sampel kedua $X_{2i},$

$$i = 1,2,...,n_2 \text{ dan hitung rata-rata sampel } \bar{X}_2 = \sum_{i=1}^{n_2} \frac{X_{2i}}{n_2}.$$

6. Jika $\frac{\bar{X}_1 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_1}} < -M_1$ dan $\frac{\bar{X}_2 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_2}} < -M_2$ atau jika $\frac{\bar{X}_1 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_1}} > M_1$ dan

$$\frac{\bar{X}_2 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_2}} > M_2 \text{ maka proses dipertimbangkan } out-of-control, \text{ untuk sebaliknya}$$

maka proses dikatakan dalam keadaan *under-control*.



Gambar 1. Prosedur Peta Kendali \bar{X} CDS

Diberikan $\bar{Z}_1 = (\bar{X}_1 - \mu_0) / (\sigma / \sqrt{n_1})$ dan $\bar{Z} = (\bar{X} - \mu_0) / (\sigma / \sqrt{n_2})$. Probabilitas mempertimbangkan proses dalam keadaan *under-control* (pada saat tidak terjadi penyimpangan dari nilai rata-rata proses atau $\mu = \mu_0$) pada saat observasi tahap pertama dan observasi tahap kedua dinotasikan sebagai $P_{a1} = \Pr[\bar{Z}_1 \in I_1 | \mu = \mu_0]$ dan

$P_{a2} = \Pr[\bar{Z}_1 \in I_2 \text{ dan } \bar{Z} \in I_3 | \mu = \mu_0] = \Pr[\bar{Z}_1 \in I_2 | \mu = \mu_0] \cdot \Pr[\bar{Z} \in I_3 | \mu = \mu_0]$. $\bar{Z}_1 \in I_2$ adalah suatu keadaan harus meneruskan dengan observasi tahap kedua dan $\bar{Z} \in I_3$ adalah suatu keadaan proses dipertimbangkan dalam keadaan *under-control* pada observasi tahap kedua. Dimana $\Pr[\bar{Z}_1 \in I_1 | \mu = \mu_0] = \Phi[M_1] - \Phi[-M_1]$,

$\Pr[\bar{Z}_1 \in I_2 | \mu = \mu_0] = \{1 - \Phi[M_1] + \Phi[-M_1]\}$, dan $\Pr[\bar{Z} \in I_3 | \mu = \mu_0] = \Phi[M_2] - \Phi[-M_2]$. Sehingga probabilitas proses dipertimbangkan dalam keadaan *under-control* pada saat tidak terjadi penyimpangan nilai rata-rata proses atau $\mu = \mu_0$ adalah $P = P_{a1} + P_{a2}$. Diasumsikan karakteristik *output* proses berdistribusi normal $N(\mu, \sigma^2)$.

Probabilitas proses dipertimbangkan *under-control* untuk sebuah penyimpangan dari nilai rata-rata proses sebesar $\delta = (\mu_0 - \mu) / \sigma$ adalah probabilitas kesalahan tipe II (β), didefinisikan sebagai berikut:

$$\beta = \Phi[M_1 + \delta\sqrt{n_1}] - \Phi[-M_1 + \delta\sqrt{n_1}] + \{1 - \Phi[M_1 + \delta\sqrt{n_1}] + \Phi[-M_1 + \delta\sqrt{n_1}]\} \cdot \{\Phi[M_2 + \delta\sqrt{n_2}] - \Phi[-M_2 + \delta\sqrt{n_2}]\}$$

Dimana $\Phi[M_1 + \delta\sqrt{n_1}] - \Phi[-M_1 + \delta\sqrt{n_1}]$ ($\Pr[\bar{Z}_1 \in I_1 | \mu = \mu_0 + \delta\sigma]$) adalah probabilitas proses dipertimbangkan dalam keadaan *under-control* pada observasi tahap pertama pada keadaan terjadi penyimpangan sebesar δ . Sedangkan $\{1 - \Phi[M_1 + \delta\sqrt{n_1}] + \Phi[-M_1 + \delta\sqrt{n_1}]\} \cdot \{\Phi[M_2 + \delta\sqrt{n_2}] - \Phi[-M_2 + \delta\sqrt{n_2}]\}$ adalah perkalian antara probabilitas untuk meneruskan dengan observasi tahap kedua pada saat terjadi penyimpangan sebesar δ ($\{1 - \Phi[M_1 + \delta\sqrt{n_1}] + \Phi[-M_1 + \delta\sqrt{n_1}]\} = \Pr[\bar{Z}_1 \in I_2 | \mu = \mu_0 + \delta\sigma]$) dan probabilitas proses dipertimbangkan dalam keadaan

under-control pada observasi tahap kedua pada keadaan terjadi penyimpangan sebesar δ ($\{\Phi[M_2 + \delta\sqrt{n_2}] - \Phi[-M_2 + \delta\sqrt{n_2}]\} = \Pr[\bar{Z} \in I_3 \mid \mu = \mu_0 + \delta\sigma]$).

Average run length (ARL) didefinisikan sebagai berikut

$$ARL = 1/(1 - \beta)$$

dan ekspektasi ukuran sampel total didefinisikan sebagai berikut

$$E(\text{ukuran sampel total}) = n_1 + n_2 \cdot \Pr[\bar{Z}_1 \in I_2 \mid \mu = \mu_0]$$

ARL adalah rata-rata jumlah pengamatan yang dibutuhkan sebelum muncul sinyal *out-of-control*. Ekspektasi ukuran sampel total adalah ukuran sampel total yang diharapkan untuk digunakan dalam melakukan pengendalian proses.

3. Prosedur Optimisasi Peta Kendali \bar{x} Double Sampling Croasdale

Diperlukan dua buah parameter untuk membuat peta kendali \bar{x} DS Croasdale, yaitu M_1 , dan M_2 . Croasdale (1974) memberikan prosedur optimisasi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{M_1, M_2} \\ & 1 - \Phi[M_1 + \delta\sqrt{n_1}] + \Phi[-M_1 + \delta\sqrt{n_1}] \\ & - \{1 - \Phi[M_1 + \delta\sqrt{n_1}] + \Phi[-M_1 + \delta\sqrt{n_1}]\} \cdot \{\Phi[M_2 + \delta\sqrt{n_2}] - \Phi[-M_2 + \delta\sqrt{n_2}]\} \end{aligned}$$

Pembatas:

(i) $E[\text{ukuran sampel total} \mid \mu = \mu_0] = n$, maka

$$n_1 + n_2 \cdot \Pr[\bar{Z}_1 \in I_2 \mid \mu = \mu_0] = n \Leftrightarrow n_1 + n_2 \cdot \{1 - \Phi[M_1] + \Phi[-M_1]\} = n.$$

(ii) $\Pr[\text{Out-of-Control} \mid \mu = \mu_0] = \alpha$, maka

$$\{1 - \Phi[M_1] + \Phi[-M_1]\} \cdot \{1 - \Phi[M_2] + \Phi[-M_2]\} = \alpha.$$

4. Perhitungan Numerik dari Power Peta Kendali \bar{x} DS Croasdale

Tabel 3 menunjukkan *power* peta kendali \bar{x} DS Croasdale untuk beberapa pasangan n_1 dan n_2 serta satu buah jumlah sampel yang diharapkan, yaitu $n = 5$ untuk setiap perubahan sebesar δ .

Table 1 Power Peta Kendali DS Croasdale Untuk Beberapa Pasangan Ukuran Sampel

Peta Kendali CDS	M_1	M_2	Power	
			$\delta = 0.5$	$\delta = 1.0$
$n_1 = 4$	0.671	2.783603	0.012961	0.077920
$n_2 = 2$	0.672	2.783241	0.012963	0.077957
$n = 5$	0.673	2.782759	0.012969	0.078010
	0.674	2.782398	0.012972	0.078047
	0.67449	2.782158	0.012975	0.078074
$n_1 = 4$	0.963	2.650137	0.020192	0.152696
$n_2 = 3$	0.964	2.649633	0.020197	0.152765
$n = 5$	0.965	2.649131	0.020202	0.152835
	0.966	2.648628	0.020207	0.152904
	0.967	2.648127	0.020213	0.152973
	0.96742	2.647876	0.020216	0.153010
$n_1 = 4$	1.275	2.474401	0.035335	0.310975
$n_2 = 5$	1.276	2.473759	0.035340	0.311041
$n = 5$	1.277	2.473172	0.035341	0.311090
	1.278	2.472532	0.035346	0.311154
	1.279	2.471893	0.035351	0.311218
	1.280	2.471255	0.035355	0.311281
	1.281	2.470671	0.035356	0.311328
	1.28155	2.470300	0.035360	0.311369
$n_1 = 4$	1.376	2.409052	0.042844	0.378866
$n_2 = 6$	1.377	2.408414	0.042843	0.378883
$n = 5$	1.378	2.407731	0.042845	0.378912
	1.379	2.407049	0.042848	0.378941
	1.380	2.406368	0.042850	0.378969
	1.381	2.405734	0.042848	0.378983
	1.382	2.405055	0.042850	0.379010
	1.38299	2.404378	0.042852	0.379037

5. Pemeriksaan Batas Kendali

Tabel 2 menunjukkan batas kendali peta kendali DS Daudin untuk beberapa pasangan n_1 dan n_2 serta satu buah jumlah sampel yang diharapkan, yaitu $n = 5$. Hasilnya menunjukkan bahwa memaksimasi power akan menaikkan nilai L_1 dan menurunkan nilai L_2 . Berdasarkan pembatas pertama, naiknya nilai L_1 akan menaikkan nilai L , yang mana batas untuk $L = \infty$. Karena batas untuk $L = \infty$ maka peta kendali DS Daudin ini dapat dibuat menjadi lebih sederhana dengan menghilangkan batas kendali L , yang disebut sebagai peta kendali \bar{X} Double Sampling baru. Peta kendali ini pada sampel pertama sama dengan peta kendali DS yang diusulkan Croasdale (1974), tetapi untuk sampel kedua sama dengan peta kendali DS yang diusulkan Daudin dkk (1990).

Table 2. Power dan Ukuran Sampel Rata-rata Peta Kendali $\bar{\bar{x}}$ DS Daudin Untuk Beberapa Pasangan Ukuran Sampel

Peta Kendali DS Daudin	L_1	L	L_2	Power		Ukuran Sampel Rata-rata	
				$\delta = 0.5$	$\delta = 1.0$	$\delta = 0.5$	$\delta = 1.0$
$n_1=4$ $n_2=2$ $n=5$	0.671	3.0590	3.3435	0.0288	0.2273	5.3130	5.5341
	0.672	3.1589	3.1652	0.0329	0.2582	5.3207	5.5769
	0.673	3.3057	3.0720	0.0357	0.2766	5.3295	5.6314
	0.674	3.6057	3.0149	0.0375	0.2882	5.3405	5.7143
	0.67449	∞	2.9999	0.0379	0.2910	5.3492	5.8224
$n_1=4$ $n_2=3$ $n=5$	0.963	3.0599	3.3813	0.0321	0.2696	5.5596	6.1212
	0.964	3.1360	3.2175	0.0373	0.3059	5.5683	6.1703
	0.965	3.2362	3.1218	0.0410	0.3292	5.5780	6.2289
	0.966	3.3854	3.0557	0.0440	0.3459	5.5890	6.3039
	0.967	3.7058	3.0087	0.0461	0.3577	5.6030	6.4200
	0.96742	∞	2.9961	0.0467	0.3606	5.6127	6.5517
$n_1=4$ $n_2=5$ $n=5$	1.275	3.0473	3.4577	0.0376	0.3467	5.9138	7.0941
	1.276	3.0969	3.2942	0.0446	0.3897	5.9234	7.1483
	1.277	3.1555	3.1924	0.0499	0.4175	5.9335	7.2087
	1.278	3.2274	3.1184	0.0543	0.4378	5.9445	7.2776
	1.279	3.3210	3.0605	0.0580	0.4536	5.9565	7.3591
	1.280	3.4575	3.0135	0.0611	0.4662	5.9702	7.4614
	1.281	3.7271	2.9754	0.0637	0.4762	5.9872	7.6119
	1.28155	∞	2.9593	0.0647	0.4801	6.0020	7.8212
$n_1=4$ $n_2=6$ $n=5$	1.376	3.0680	3.3660	0.0453	0.4115	6.0572	7.5478
	1.377	3.1140	3.2452	0.0517	0.4434	6.0672	7.6065
	1.378	3.1677	3.1602	0.0569	0.4657	6.0779	7.6716
	1.379	3.2323	3.0945	0.0613	0.4826	6.0893	7.7448
	1.380	3.3139	3.0412	0.0651	0.4960	6.1017	7.8298
	1.381	3.4261	2.9966	0.0683	0.5069	6.1156	7.9329
	1.382	3.6110	2.9590	0.0711	0.5158	6.1319	8.0709
	1.38299	∞	2.9292	0.0733	0.5225	6.1567	8.3903

6. Prosedur Peta Kendali $\bar{\bar{x}}$ Double Sampling Baru

Prosedur peta kendali $\bar{\bar{x}}$ DS baru digambarkan sebagai berikut:

1. Ambil sampel berukuran $n_1, X_{1i}, i=1,2,...,n_1$ yang berasal dari populasi dengan nilai rata-rata μ_0 dan standar deviasi σ .

$$\text{Hitung rata-rata sampel } \bar{X}_1 = \sum_{i=1}^{n_1} \frac{X_{1i}}{n_1}$$

2. Jika $(\bar{X}_1 - \mu_0) / (\sigma / \sqrt{n_1})$ terletak di dalam I_1 maka proses dikatakan dalam kendali.
3. Jika $(\bar{X}_1 - \mu_0) / (\sigma / \sqrt{n_1})$ terletak di dalam I_2 , maka dilakukan pengambilan sampel kedua yang berukuran $n_2, X_{2i}, i=1,2,...,n_2$.

$$\text{Hitung rata-rata sampel } \bar{X}_2 = \sum_{i=1}^{n_2} \frac{X_{2i}}{n_2}$$

4. Hitung rata-rata sampel total $\bar{X} = (n_1 \bar{X}_1 + n_2 \bar{X}_2) / (n_1 + n_2)$

5. Jika $\frac{\bar{X}_1 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_1}} < -L_1$ atau $L_1 < \frac{\bar{X}_1 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_1}}$ dan jika $\frac{\bar{X}_1 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_1 + n_2}} < -L_2$ atau

$\frac{\bar{X}_1 - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n_1 + n_2}} > L_2$ maka proses dikatakan di luar kendali, sebaliknya maka proses

dikatakan dalam kendali.

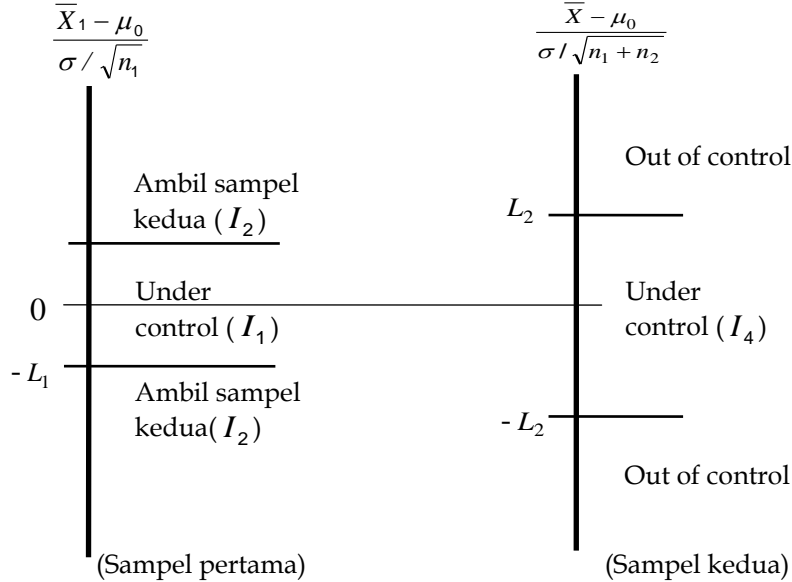
Diberikan $\bar{Z}_1 = (\bar{X}_1 - \mu_0) / (\sigma / \sqrt{n_1})$ dan $\bar{Z} = (\bar{X} - \mu_0) / (\sigma / \sqrt{n_1 + n_2})$ maka probabilitas proses dikatakan dalam kendali pada pengambilan sampel pertama dan setelah pengambilan sampel kedua diformulasikan sebagai $P_{a1} = \Pr[\bar{Z}_1 \in I_1]$ dan $P_{a2} = \Pr[\bar{Z}_1 \in I_2 \text{ and } \bar{Z} \in I_3]$, sehingga probabilitas proses dalam kendali adalah $P = P_{a1} + P_{a2}$. Diasumsikan karakteristik output proses berdistribusi normal $N(\mu, \sigma^2)$. Untuk sebuah perubahan dari nilai rata-rata $\delta = (\mu_0 - \mu) / \sigma$, probabilitas bahwa proses dipertimbangkan di bawah kendali adalah sebagai berikut:

$$P = \Phi[L_1 + \delta\sqrt{n_1}] - \Phi[-L_1 + \delta\sqrt{n_1}]$$

$$+ \{1 - \Phi[L_1 + \delta\sqrt{n_1}] + \Phi[-L_1 + \delta\sqrt{n_1}]\} \cdot \{\Phi[L_2 + \delta\sqrt{n_1 + n_2}] - \Phi[-L_2 + \delta\sqrt{n_1 + n_2}]\}$$

Average run length (ARL) dan ekspektasi ukuran sampel total diberikan dalam persamaan sebagai berikut:

$$ARL = 1/(1 - P) \text{ dan } n_1 + n_2 \cdot \Pr[\bar{Z}_1 \in I_2]$$



Gambar 2. Prosedur Peta Kendali Double sampling Baru

7. Prosedur Optimisasi Peta Kendali \bar{X} Double Sampling Baru

Optimisasi peta kendali \bar{X} DS baru diformulasikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} & 1 - \Phi[L_1 + \delta\sqrt{n_1}] + \Phi[-L_1 + \delta\sqrt{n_1}] \\ \text{Max}_{L_1, L_2} & - \{1 - \Phi[L_1 + \delta\sqrt{n_1}] + \Phi[-L_1 + \delta\sqrt{n_1}]\} \cdot \{\Phi[L_2 + \delta\sqrt{n_1 + n_2}] - \Phi[-L_2 + \delta\sqrt{n_1 + n_2}]\} \end{aligned}$$

Pembatas:

(i) $E[\text{ukuran sampel total} \mid \mu = \mu_0] = n$, maka

$$n_1 + n_2 \cdot \Pr[\bar{Z}_1 \in I_2 \mid \mu = \mu_0] = n \Leftrightarrow n_1 + n_2 \cdot \{1 - \Phi[L_1] + \Phi[-L_1]\} = n$$

(ii) $\Pr[\text{Out of Control} \mid \mu = \mu_0] = \alpha$, maka

$$\{1 - \Phi[L_1] + \Phi[-L_1]\} \cdot \{1 - \Phi[L_2] + \Phi[-L_2]\} = \alpha$$

Dengan menentukan nilai n_1 , n_2 dan n dapat ditentukan nilai L_1 . Setelah didapatkan nilai L_1 dapat ditentukan nilai L_2 , dengan ditemukannya nilai L_1 dan L_2 dapat diketahui *power* peta kendali pada saat terjadi perubahan sebesar δ .

8. Perhitungan Numerik dari Power Peta Kendali \bar{x} DS Baru

Tabel 3 menunjukkan *power* peta kendali \bar{x} DS baru untuk beberapa pasangan n_1 dan n_2 serta satu buah jumlah sampel yang diharapkan, yaitu $n = 5$ untuk setiap perubahan sebesar δ .

Table 3. Power Peta Kendali \bar{x} DS Baru Untuk Beberapa Pasangan Ukuran Sampel

Peta Kendali DS Baru	L_1	L_2	Power	
			$\delta = 0.5$	$\delta = 1.0$
$n_1 = 4$ $n_2 = 2$ $n = 5$	0.671	2.783603	0.040270	0.336610
	0.672	2.783241	0.040270	0.336669
	0.673	2.782759	0.040280	0.336770
	0.674	2.782398	0.040281	0.336828
	0.67449	2.782158	0.040286	0.336879
$n_1 = 4$ $n_2 = 3$ $n = 5$	0.963	2.650137	0.049775	0.424338
	0.964	2.649633	0.049777	0.424390
	0.965	2.649131	0.049780	0.424442
	0.966	2.648628	0.049783	0.424494
	0.967	2.648127	0.049785	0.424545
$n_1 = 4$ $n_2 = 5$ $n = 5$	0.96742	2.647876	0.049775	0.424579
	1.275	2.474401	0.066499	0.536731
	1.276	2.473759	0.066495	0.536686
	1.277	2.473172	0.066485	0.536625
	1.278	2.472532	0.066481	0.536579
	1.279	2.471893	0.066476	0.536531
	1.280	2.471255	0.066471	0.536484
$n_1 = 4$ $n_2 = 6$ $n = 5$	1.281	2.470671	0.066461	0.536421
	1.28155	2.470300	0.066460	0.536399
	1.376	2.409052	0.073852	0.568410
	1.377	2.408414	0.073837	0.568295
	1.378	2.407731	0.073826	0.568190
	1.379	2.407049	0.073815	0.568084
	1.380	2.406368	0.073804	0.567977
	1.381	2.405734	0.073788	0.567860
$n_1 = 4$ $n_2 = 6$ $n = 5$	1.382	2.405055	0.073777	0.567753
	1.38299	2.404378	0.073766	0.567647

9. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan secara numerik pada tabel 1 dan tabel 3 secara keseluruhan terlihat, bahwa *power* peta kendali DS baru lebih besar jika dibandingkan dengan *power* peta kendali DS Croasdale. Pada peta kendali DS baru, terdapat pasangan n_1 , n_2 dan n yang tren nilai *power*-nya naik sedangkan untuk pasangan n_1 , n_2 dan n lainnya tren nilai *power*-nya turun, untuk nilai L_1 dan L_2 yang diberikan.

10. Daftar Pustaka

- Costa, F.B.A. (1994), \bar{X} Charts with Variable Sample Size, *Journal of Quality Technology*, 26(3):155-163
- Croasdale, R. (1974), Control Charts for a Double-Sampling Scheme Based On Average Production Run Lengths, *International Journal of Production Research*, 12(5), 585-592.
- Daudin, J.J., C. Duby9999, and P. Trecourt (1990), Plans de Controle Double Optimaux (Maitrise des Procedes et Controle de Reception), *Rev. Statistique Appliquee*, 38(4), 45-59.
- Daudin, J.J. (1992), Double Sampling \bar{X} Charts, *Journal of Quality Technology*, 24(2), 78-87.
- Irianto, D., and N. Shinozaki (1998), An Optimal Double Sampling \bar{X} Control Chart, *International Journal of Industrial Engineering – Theory, Applications and Practice*, 5(3), 226-234.
- Irianto, D. (2005), Optimizing Parameter Estimation for Double Sampling Control Chart, *ICAM*
- Reynolds, M.R. Jr., Amin, R.W, Arnold, J.C. dan Naclas, J.A. (1988), \bar{X} Charts with Variable Sampling Interval, *Technometrics*, 30(2):181-192.

